

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-171983

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月26日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 6 T 5/20

G 0 6 F 15/68

4 0 5

5/00

H 0 4 N 5/325

H 0 4 N 1/407

G 0 6 F 15/68

3 1 0 J

1/409

H 0 4 N 1/40

1 0 1 E

5/325

1 0 1 D

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平8-333835

(22) 出願日

平成8年(1996)12月13日

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 山田 雅彦

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

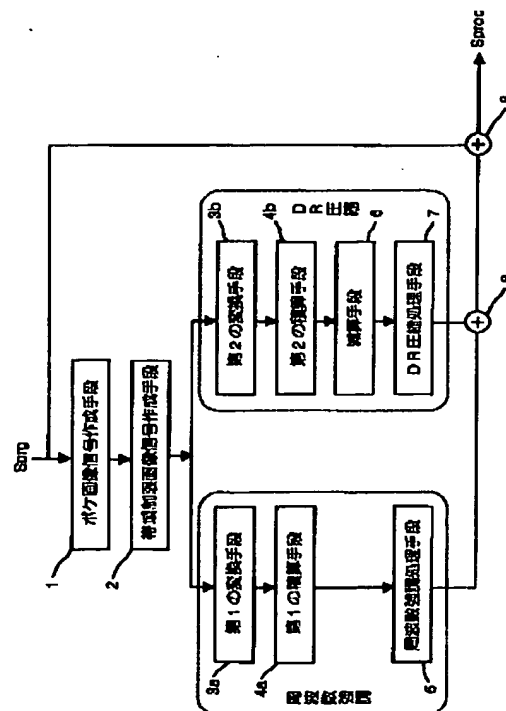
(74) 代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 画像処理方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 ボケ画像信号を使用した周波数強調処理とダイナミックレンジ圧縮処理を行う際に、処理済画像のエッジ部に発生するアーチファクトを抑制する。

【解決手段】 ボケ画像信号作成手段1により互いに周波数応答特性が異なるボケ画像信号を作成し、帯域制限画像信号作成手段2によりボケ画像信号に基づいて複数の帯域制限画像信号を作成する。変換手段3a、3bにおいて、帯域制限画像信号に変換処理を施して第1、第2の変換画像信号を作成する。積算手段4aにおいて、第1の変換画像信号を積算して積算信号を作成し、周波数強調処理手段5においてその積算信号に所定の強調係数を乗じる。また、積算手段4bにおいて第2の変換画像信号を積算して積算信号を作成し、その積算信号を原画像信号から減算して得た差分信号をDR圧縮処理手段7により変換する。周波数強調処理手段5とDR圧縮処理手段7の出力を原画像信号に加算して処理済画像を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 原画像を表す原画像信号に、該原画像の高周波成分に関する信号を加算して該原画像の高周波成分を強調するとともに該原画像の低周波成分に関する信号を加算して該原画像のダイナミックレンジを圧縮する画像処理方法において、

前記原画像信号に基づいて、互いに周波数応答特性が異なる複数の非鮮鋭マスク画像信号を作成し、

前記原画像信号および前記複数の非鮮鋭マスク画像信号、または前記複数の非鮮鋭マスク画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域ごとの信号を表す複数の帯域制限画像信号を作成し、

該各帯域制限画像信号のうち少なくとも1つの信号について、該帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような第1の変換処理を施して複数の第1の変換画像信号を作成し、該各変換画像信号を積算することにより前記原画像信号の前記高周波成分に関する信号を得ると*

$$\begin{aligned} S_{proc} &= S_{org} + \beta (S_{org}) \cdot F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ &\quad + D (S_{org} - F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN})) \\ F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ &= \{ f_{u1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{u2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ &\quad + f_{uk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{uN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \} \\ F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ &= \{ f_{d1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{d2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ &\quad + f_{dk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{dN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \} \end{aligned}$$

(但し、 S_{proc} ：処理済画像信号

S_{org} ：原画像信号

$S_{usk} (k=1 \sim N)$ ：非鮮鋭マスク画像信号

$f_{uk} (k=1 \sim N)$ ：前記第1の変換処理に使用する関数

$f_{dk} (k=1 \sim N)$ ：前記第2の変換処理に使用する関数

$\beta (S_{org})$ ：原画像信号に基づいて定められる強調係数

$D (S_{org} - F_{drc})$ ：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数 (D は $S_{org} - F_{drc}$ を変換する関数) にしたがって行うことを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

【請求項3】 原画像を表す原画像信号に、該原画像の高周波成分に関する信号を加算して該原画像の高周波成分を強調するとともに該原画像の低周波成分に関する信号を加算して該原画像のダイナミックレンジを圧縮する画像処理装置において、

前記原画像信号に基づいて、互いに周波数応答特性が異なる複数の非鮮鋭マスク画像信号を作成する非鮮鋭マスク画像信号作成手段と、

前記原画像信号および前記複数の非鮮鋭マスク画像信号、または前記複数の非鮮鋭マスク画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域ごとの信号を表す複数の帯域制限画像信号を作成する帯域制限画像信号作成手段と、

前記各帯域制限画像信号のうち少なくとも1つの信号に*

*とともに、前記各帯域制限画像信号のうち少なくとも1つの信号について、該帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような第2の変換処理を施して複数の第2の変換画像信号を作成し、該各変換画像信号を積算することにより積算信号を作成し、該積算信号を前記原画像信号から減ずることにより差分信号を作成し、該差分信号を変換することにより前記原画像信号の前記低周波成分に関する信号を得、

前記原画像信号に前記高周波成分に関する信号および前記低周波成分に関する信号を加算することにより、該原画像信号の高周波成分を強調するとともにダイナミックレンジを圧縮することを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 前記帯域制限画像信号の作成、前記第1および第2の変換画像信号の作成、前記高周波成分に関する信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および前記原画像信号への前記高周波成分に関する信号と低周波成分に関する信号の加算を、下記の式

※について、該帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような第1の変換処理を施して複数の第1の変換画像信号を作成する第1の変換手段と、

前記第1の変換手段により作成された各変換画像信号を積算することにより第1の積算信号を作成する第1の積算手段と、

前記第1の積算信号に基づいて前記原画像信号の前記高周波成分に関する信号を得る周波数強調処理手段と、

前記各帯域制限画像信号のうち少なくとも1つの信号について、該帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような第2の変換処理を施して複数の第2の変換画像信号を作成する第2の変換手段と、

前記第2の変換手段により作成された各変換画像信号を積算することにより第2の積算信号を作成する第2の積算手段と、

前記第2の積算信号を前記原画像信号から減ずることにより差分信号を作成する減算手段と、

前記差分信号を変換することにより前記原画像信号の前記低周波成分に関する信号を得るダイナミックレンジ圧縮処理手段と、

前記原画像信号に前記高周波成分に関する信号および前記低周波成分に関する信号を加算して、該原画像信号の高周波成分を強調するとともにダイナミックレンジを圧縮する加算手段とを備えてなることを特徴とする画像処理装置。

【請求項4】 前記帯域制限画像信号の作成、前記第1および第2の変換画像信号の作成、前記高周波成分に関する信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、*

*および前記原画像信号への前記高周波成分に関する信号と低周波成分に関する信号の加算を、下記の式

$$\begin{aligned} S_{proc} &= S_{org} + \beta (S_{org}) \cdot F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ &\quad + D (S_{org} - F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN})) \\ F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ &= \{ f_{u1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{u2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ &\quad + f_{uk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{uN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \} \\ F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ &= \{ f_{d1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{d2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ &\quad + f_{dk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{dN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \} \end{aligned}$$

(但し、 S_{proc} ：処理済画像信号

S_{org} ：原画像信号

$S_{usk} (k=1 \sim N)$ ：非鮮鋭マスク画像信号

$f_{uk} (k=1 \sim N)$ ：前記第1の変換処理に使用する関数

$f_{dk} (k=1 \sim N)$ ：前記第2の変換処理に使用する関数

$\beta (S_{org})$ ：原画像信号に基づいて定められる強調係数

$D (S_{org} - F_{drc})$ ：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数 (D は $S_{org} - F_{drc}$ を変換する関数) にしたがって行うことを特徴とする請求項3記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像信号に対し、その画像信号の非鮮鋭マスクを利用した周波数強調処理と、同じく非鮮鋭マスクを利用したダイナミックレンジ圧縮処理の両方を同時に施す画像処理方法および装置に関するものである。

※

$$S_{proc} = S_{org} + f_1 (S_{us1}) + f_2 (S_{org} - S_{us2}) \dots (1)$$

(但し、 S_{proc} ：処理済画像信号

S_{org} ：原画像信号

S_{us1}, S_{us2} ：ボケ画像信号

f_1 ：単調減少関数

f_2 ：単調増加関数) に従って処理を行っている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特開平6-292009号の方法では、信号値の変化が急激なエッジなどの部分において、作成されるボケ画像信号がエッジの影響を受けてしまい、このボケ画像信号により処理が行われた画像に、オーバーシュート、アンダーシュートあるいは偽輪郭などのアーチファクトが生じてしまうという問題がある。

【0005】本発明はこの問題に鑑みて、アーチファクトによる画質劣化を生じさせずに周波数強調処理とダイナミックレンジ圧縮処理の両方の処理を画像信号に対して施す画像処理方法および装置を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の画像処理方法お★50

※【0002】

【従来の技術】従来、本出願人により、放射線画像を表す画像信号に対し非鮮鋭マスク画像信号（以下、ボケ画像信号という）を用いた周波数強調処理あるいはダイナミックレンジ圧縮処理などを行って放射線画像の診断性能を向上させる数々の画像処理方法および装置が提案されている（特開昭55-163472号、同55-87953号、特開平3-222577号など）。

【0003】また、特開平6-292009号には、1つの画像信号に対して周波数強調処理とダイナミックレンジ圧縮処理の両方を施す画像処理方法および装置が開示されている。この方法および装置は、ダイナミックレンジ圧縮によって劣化したコントラスト分解能を補正すること、およびダイナミックレンジ圧縮によって「コントラストが低下したように見える」という感覚的なものを補正することを目的として周波数強調処理を行うものであり、より詳細には下記の式(1)

★および装置は、原画像を表す原画像信号に、該原画像の高周波成分に関する信号を加算して該原画像の高周波成分を強調するとともに該原画像の低周波成分に関する信号を加算して該原画像のダイナミックレンジを圧縮する画像処理方法において、前記原画像信号に基づいて、互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号、または前記複数のボケ画像信号に基づいて、前記原画像信号の複数の周波数帯域ごとの信号を表す複数の帯域制限画像信号を作成し、該各帯域制限画像信号のうち少なくとも1つの信号について、該帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような第1の変換処理を施して複数の第1の変換画像信号を作成し、該各変換画像信号を積算することにより前記原画像信号の前記高周波成分に関する信号を得るとともに、前記各帯域制限画像信号のうち少なくとも1つの信号について、該帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような第2の変換処理を施して複数の第2の変換画像信号を作成し、該各変換画像信号を積算することにより積算信号を作成し、該積算信号を前記原画像信号から減ずることにより差分信号

5

を作成し、該差分信号を変換することにより前記原画像信号の前記低周波成分に関する信号を得、前記原画像信号に前記高周波成分に関する信号および前記低周波成分に関する信号を加算することにより、該原画像信号の高周波成分を強調するとともにダイナミックレンジを圧縮することを特徴とするものである。

【0007】ここで、ボケ画像信号とは、画素数は原画像信号と同じであるが原画像信号よりも鮮鋭度が低い画像を表す画像信号であり、ボケ画像信号の作成は、原画*

$$\begin{aligned} S_{proc} &= S_{org} + \beta (S_{org}) \cdot F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ &\quad + D (S_{org} - F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN})) \\ F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ &= \{ f_{u1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{u2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ &\quad + f_{uk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{uN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \} \\ F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ &= \{ f_{d1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{d2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ &\quad + f_{dk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{dN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \} \end{aligned}$$

(但し、 S_{proc} : 処理済画像信号

S_{org} : 原画像信号

$S_{usk} (k=1 \sim N)$: ボケ画像信号

$f_{uk} (k=1 \sim N)$: 前記第1の変換処理に使用する関数

$f_{dk} (k=1 \sim N)$: 前記第2の変換処理に使用する関数

$\beta (S_{org})$: 原画像信号に基づいて定められる強調係数

$D (S_{org} - F_{drc})$: 低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数 (D は $S_{org} - F_{drc}$ を変換する関数)) にしたがって行うことが望ましい。

【0009】

【発明の効果】本発明の画像処理方法および装置によれば、原画像信号のボケ画像信号を作成し、そのボケ画像信号を使用して原画像信号の周波数強調処理とダイナミックレンジ圧縮処理の両方の処理を行う際に、互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成してボケ画像信号同士の差をとることにより周波数帯域ごとの信号を作成し、周波数強調処理やダイナミックレンジ圧縮処理に使用する所定の周波数成分の信号を、その周波数帯域ごとの信号をそれぞれ変換してから積算することによって得るので、アーチファクトの原因となる周波数成分の信号を効率よく抑制することができ、高画質の処理済画像信号を得ることができる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の画像処理方法および装置の一実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。以下に示す画像処理装置は、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像を読み取って得た画像信号に対して、その画像が診断に適した画像となるように、ボケ画像信号を使用して画像処理を施すものであり、処理された画像信号は主としてフィルムに記録され、診断に用いられる。

【0011】図1に示すように本発明による画像処理装

6

* 像信号の画素に対して所定間隔ごとに所定のフィルタリング処理を施すことによって画素を間引きし、その後間引きした数分の画素を所定の補間方法によって補間することにより行われる。

【0008】ここで、前記帯域制限画像信号の作成、前記第1および第2の変換画像信号の作成、前記高周波成分に関する信号の作成、前記低周波成分に関する信号の作成、および前記原画像信号への前記高周波成分に関する信号と低周波成分に関する信号の加算は、下記の式

※置は、入力された原画像信号 S_{org} に基づいて互いに周波数応答特性が異なる多重解像度のボケ画像信号 S_{usk}

20 ($k=1 \sim n$) を作成するボケ画像信号作成手段1と、ボケ画像信号作成手段1において作成されたボケ画像信号 S_{usk} に基づいて複数の帯域制限画像信号を作成する帯域制限画像信号作成手段2と、帯域制限画像信号作成手段2において作成された複数の帯域制限画像信号のうち少なくとも1つの信号について、その帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような変換処理を施す第1の変換手段3aと、第1の変換手段3aにより変換された帯域制限画像信号を積算して積算信号を作成する第1の積算手段4aと、第1の積算手段4aにより作成された積算信号に所定の強調係数を乗ずる周波数強調処理手段5と、帯域制限画像信号作成手段2において作成された複数の帯域制限画像信号のうち少なくとも1つの信号について、その帯域制限画像信号の少なくとも一部を小さくするような変換処理を施す第2の変換手段3bと、第2の変換手段3bにより変換された帯域制限画像信号を積算して積算信号を作成する第2の積算手段4bと、第2の積算手段4bにより作成された積算信号を原画像信号 S_{org} から減算することにより差分信号を得る減算手段6と、減算手段6により得られた差分信号を変換するダイナミックレンジ圧縮処理手段7と、周波数強調処理手段5およびダイナミックレンジ圧縮処理手段7により作成された信号を原画像信号 S_{org} に加算する手段8とからなる。

【0012】はじめに、ボケ画像信号作成手段1において行われる処理について説明する。図2はボケ画像信号作成手段1の処理を示すブロック図である。図2に示すように原画像を表すデジタルの原画像信号 S_{org} がフィルタリング処理手段10においてローパスフィルタによりフィルタリングされる。このローパスフィルタとしては、例えば図3に示すような 5×1 のグリッド状の1次元ガウス分布に略対応したフィルタFを用いることがで

7

きる。このフィルタFは下記の式(2)

【0013】

【数1】

$$f(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots (2)$$

【0014】において、 $\sigma=1$ としたものである。ここで、フィルタFとしてガウス信号を用いるのは、ガウス信号は周波数空間および実空間の双方において、局在性がよいからである。

【0015】そして、このフィルタFにより原画像の画素のx方向およびy方向に対してフィルタリング処理を施すことにより、原画像信号Sorg全体に対してフィルタリング処理が施される。

【0016】フィルタリング処理手段10においては、このようなフィルタFにより以下のようにしてフィルタリング処理が施される。図4はフィルタリング処理の詳細を表す図である。図4に示すように、原画像信号Sorgに対し、図3に示すフィルタFにより1画素おきにフィルタリング処理が施される。そしてこのフィルタリング処理により、フィルタリング処理画像信号B₁が得られる。このフィルタリング処理画像信号B₁は、原画像に対するサイズが1/4(x方向、y方向にそれぞれ1/2)となっている。次いで、再度フィルタFによりフィルタリング処理画像信号B₁に対して1画素おきにフィルタリング処理が施される。そしてこのようなフィルタFによるフィルタリング処理が繰り返されることにより、n個のフィルタリング処理画像信号B_k(k=1~n)が得られる。このフィルタリング処理画像信号B_kは、原画像に対してサイズが1/2^{2k}となっている。この際、フィルタリング処理画像信号B_kの周波数特性は図5に示されるようなものとなる。図5に示されるようにフィルタリング処理画像信号B_kのレスポンスはkが大きいくほど高周波成分が除去されたものとなっている(但し、図5においてはk=1~3としている)。

【0017】なお、上記実施の形態においては、図3に示す1次元フィルタFにより、原画像のx方向およびy方向に対してフィルタリング処理が施されるようになっているが、図6に示すような5×5の2次元フィルタにより原画像信号Sorgおよびフィルタリング処理画像信号に対して一度にフィルタリング処理が施されるようにしてもよい。

【0018】次いで、このようにして得られたフィルタリング処理画像信号B_kに対して図2に示される補間演算処理手段11において補間演算処理が施され、これにより原画像と同一の大きさの多重解像度のボケ画像が得られる。以下この補間演算処理について説明する。

【0019】補間演算の方法としては、Bスプラインによる方法など種々の方法が挙げられるが、本発明による実施の形態においては、ローパスフィルタとしてガウス

8

信号に基づくフィルタFを用いているため、補間演算を行うための補間係数としてもガウス信号を用いるものとする。ここで、ガウス信号を用いた補間係数とは、下記の式(3)

【0020】

【数2】

$$I(t) = 2 \cdot \sigma \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots (3)$$

10 【0021】において、 $\sigma=2^{k-1}$ と近似したものを用いる。

【0022】フィルタリング処理画像信号B₁を補間する際には、k=1であるため $\sigma=1$ となる。上記式(3)において、 $\sigma=1$ としたときの補間を行うためのフィルタは、図7に示すように5×1の1次元フィルタとなる。まずフィルタリング処理画像信号B₁に対して1画素おきに値が0の画素を1つずつ補間することによりフィルタリング処理画像信号B₁が原画像と同一のサイズに拡大される。このように値が0の画素が補間されたフィルタリング処理画像信号B₁を1次元的に図8に示す。そして、この補間されたフィルタリング処理画像信号B₁に対して上述した図7に示すフィルタF₁によりフィルタリング処理が施される。

【0023】ここで、図7に示すフィルタF₁は5×1のフィルタであるが、図8に示すようにフィルタリング処理画像信号B₁は1画素おきに値が0の画素が補間されている。したがって、フィルタリング処理画像B₁に対してフィルタF₁により施されるフィルタリング処理は、実質的には2×1のフィルタ(0.5, 0.5)および3×1のフィルタ(0.1, 0.8, 0.1)の2種類のフィルタにより、施されるフィルタリング処理と等価なものとなる。そしてこのフィルタリング処理により、原画像信号Sorgと同一データ数、すなわち原画像と同一サイズのボケ画像の信号Sus₁が得られる。

【0024】次いで、フィルタリング処理画像信号B₂に対してフィルタリング処理が施される。フィルタリング処理画像信号B₂を補間する際には、k=2であるため、 $\sigma=2$ となる。上記式(3)において、 $\sigma=2$ としたときの補間を行うためのフィルタは、図9に示すように11×1の1次元フィルタとなる。そして、まずフィルタリング処理画像信号B₂に対して図11のように1画素おきに値が0の画素を3つずつ補間することによりフィルタリング処理画像信号B₂が原画像と同一のサイズに拡大される。値が0の画素が補間されたこのフィルタリング処理画像信号B₂に対して上述した図9に示すフィルタF₂によるフィルタリング処理が施される。

【0025】ここで、図9に示すフィルタF₂は11×1のフィルタであるが、図10に示すようにフィルタリング処理画像信号B₂は1画素おきに値が0の画素が3つずつ補間されている。したがって、フィルタリング処理

画像信号 B_2 に対してフィルタ F_2 により施されるフィルタリング処理は、実質的には 2×1 のフィルタ(0.5, 0.5)および 3×1 のフィルタ(0.3, 0.65, 0.05)、(0.13, 0.74, 0.13)および(0.05, 0.65, 0.3)の4種類のフィルタにより施されるフィルタリング処理と等価なものとなる。そしてこのフィルタリング処理により、原画像信号 S_{org} と同一データ数のボケ画像信号 S_{us2} が得られる。

【0026】そしてこのようなフィルタリング処理が全てのフィルタリング処理画像信号 B_k に対して行われる。フィルタリング処理画像信号 B_k を補間する際には、上記式(3)に基づいて、 $3 \times 2^k - 1$ の長さのフィルタを作成し、フィルタリング処理画像信号 B_k の各画素の間に値が0の画素を $2^k - 1$ 個ずつ補間することにより、原画像と同一サイズに拡大する。この値が0の画素が補間されたフィルタリング処理画像信号 B_k に対して $3 \times 2^k - 1$ の長さのフィルタにより、フィルタリング処理が行われる。

【0027】ここで、この $3 \times 2^k - 1$ の長さのフィルタにより施されるフィルタリング処理は、 2^k 周期で長さが2または3のフィルタにより施されるフィルタリング処理と等価なものとなる。そしてこのフィルタリング処理により、 n 個のボケ画像信号 S_{usk} が得られる。このボケ画像信号 S_{usk} を可視像として表すと、結果としてそれぞれ解像度が異なる、すなわち周波数応答特性が異なる多重解像度のボケ画像となる。このように、フィルタは長くなるものの、実質的には長さが2または3のフィルタによりフィルタリング処理を施していることと同様であるため、演算量は、フィルタが長くなろうともそれほど多くはならないものである。このため、演算量を減らして、多重解像度のボケ画像信号 S_{usk} を高速に作成することが可能となる。

【0028】なお、本実施の形態においては、長さが $3 \times 2^k - 1$ の1次元のフィルタにより画像の x 方向および y 方向にフィルタリング処理が施されるようになっていくが、予め2次元状のフィルタを作成しておき、このフィルタによりフィルタリング処理画像に対するフィルタリング処理を施すことにより、ボケ画像信号 S_{usk} が得られるようにしてもよい。この場合、フィルタリング処理画像に対して、補間演算を行うためのフィルタリング処理に使用するフィルタは、 $(3 \times 2^k - 1) \times (3 \times 2^k - 1)$ のフィルタとなるが、上述した1次元のフィルタを用いる場合と同様に、これは 2^k 周期で 2×2 または 3×3 のフィルタにより施されるフィルタリング処理と等価なものとなり、上述した1次元フィルタを用いる場合と同様に、フィルタのサイズが大きくなっても、フィルタリング処理を行うための演算量は実質的にはそれほど大きくならないものである。

【0029】このようにして得られたボケ画像信号 S_{usk} の周波数特性を図11に示す。図11に示すように、ボケ

画像信号 S_{usk} の k の値が大きくなるほど、原画像信号 S_{org} の高周波成分が除去された信号となる。

【0030】図12は、上記図2のボケ画像信号作成手段を含む本発明の画像処理装置の一実施の形態について、その全体の構成を示す図であるが、この図に示されるように、ボケ画像信号作成手段1において生成された各ボケ画像信号は、次に、帯域制限画像信号作成手段2および変換手段3a, 3bにおいて処理される。図12に示すように、まず、原画像信号 S_{org} およびボケ画像信号作成手段1において作成された複数のボケ画像信号 S_{usk} に基づいて帯域制限画像信号が作成されるが、この帯域制限画像信号は減算器21により、原画像信号 S_{org} とボケ画像信号 S_{us1} 、あるいは互いに隣接する周波数帯域同士のボケ画像信号 S_{usk} の減算を行うことにより得られる。すなわち、 $S_{org} - S_{us1}$ 、 $S_{us1} - S_{us2}$ 、 \dots 、 $S_{us_{n-1}} - S_{usn}$ を順次計算することにより、複数の帯域制限画像信号が求められる。この帯域制限画像信号の周波数特性を図13に示す。図13に示すように、帯域制限画像信号はボケ画像信号 S_{usk} の k の値が大きくなるほど、原画像信号 S_{org} の低周波成分の帯域を表す信号となる。

【0031】このようにして求められた帯域制限画像信号は、図12に示されるように第1の変換手段3aおよび第2の変換手段3bにそれぞれ入力され、各変換手段の変換器22により処理される。

【0032】変換手段3aの変換器22aによる変換は、例えば図14、図15に示される関数、あるいはこれらを組み合わせ合わせた関数を使用して行う。ここで各帯域制限画像信号を変換する関数 $f_{u1} \sim f_{un}$ は全て同じ関数であってもよいが、できれば処理済画像信号 S_{proc} の周波数特性が所望の周波数特性となるように各関数を個別に定義することが望ましい。

【0033】例えば図14の関数は、振幅の大きな帯域制限画像信号を抑制するような変換を行うものであり、周波数帯域の高い帯域制限画像信号の抑制の度合いを、周波数帯域の低い帯域制限画像信号よりも強くするものであるが、これは実際の放射線画像のエッジに含まれている高周波成分が、低周波成分に比べてその振幅が小さいということを考慮したものである。実際の放射線画像においては、かなり急峻なエッジでさえも正確な階段状にはなっておらず、高周波成分になるほどその振幅が小さくなっていることが多い。このため、各周波数成分の振幅に合わせて、周波数の高い帯域制限画像信号ほど小さい振幅から抑制を行うことが望ましく、本関数によりそれを実現することができる。

【0034】また図15の関数は、帯域制限画像信号を、帯域制限画像信号の絶対値に基づいて決まる、その絶対値以下の値となるように変換を行うもので、この関数が低周波帯域を処理する関数であるほど、帯域制限画像信号の絶対値が0近傍の所定の範囲内の値である帯域制限

10

20

30

40

50

11

画像信号を変換した際に得られる変換画像信号の絶対値が小さい値であることを特徴とするものである。言い換えれば、これらの関数はそれぞれ、原点を通り、関数の傾きがその関数により処理される値にかかわらず1以下であり、その関数の0近傍における傾きが、低周波帯域を処理する関数であるほど小さいことを特徴とするものである。これらの関数は、変換画像信号を積算して得られる信号を、原画像信号Sorgに加えた場合、原画像信号Sorgと加算された信号とのつなぎ目、すなわち信号の立ち上がりをより自然なものとするという効果がある。

【0035】同様に、変換手段3bの変換器22bによる変換は、例えば図16に示される関数、前述の図15の関数、あるいは図16と図15の関数を組み合わせたものを使用し行う。変換手段3aの場合と同様、各帯域制限画像信号を変換する関数 f_{d1} ～ f_{dN} は全て同じ関数であってもよいが、できれば処理済画像信号Sprocの周波数特性が所望の周波数特性となるように各関数を個別に定義することが望ましい。

【0036】上記各変換手段3a、3bにより出力された変換画像信号は、それぞれ演算器23a、23bに入力される。ここで演算器23aは周波数強調処理に必要な信号を作成するための演算を行い、演算器23bはダイナミックレン

$$S_{proc} = S_{org} + \beta (S_{org}) \cdot F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) + D (S_{org} - F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN})) \dots (4)$$

$$\begin{aligned} F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) &= \{ f_{u1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{u2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ &\quad + f_{uk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{uN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \} \\ F_{drc} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) &= \{ f_{d1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{d2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ &\quad + f_{dk} (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_{dN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \} \end{aligned}$$

(但し、Sproc：処理済画像信号

Sorg：原画像信号

Susk(k=1～N)：ボケ画像信号

$f_{uk}(k=1 \sim N)$ ：前記第1の変換処理に使用する関数

$f_{dk}(k=1 \sim N)$ ：前記第2の変換処理に使用する関数

$\beta(Sorg)$ ：原画像信号に基づいて定められる強調係数

$D(Sorg - F_{drc})$ ：低周波成分信号に基づいて定められるダイナミックレンジ圧縮係数(Dは $Sorg - F_{drc}$ を変換する関数)により表すことができる。

【0041】すなわち、本発明によれば、上述のように周波数帯域ごとの信号を作成して、変換処理を周波数帯域ごとに行うため、従来方法に比べて画像のエッジ部におけるオーバーシュート、アンダーシュートあるいは偽輪郭などのアーチファクトが発生しにくく、特に、各関数を調整を行いながら個別に設定するようにすれば、より高い画質の処理済画像を得ることが可能となる。

【0042】なお、上述の実施の形態は周波数強調処理※50

12

* ジ圧縮処理に必要な信号を作成するための演算を行うものである。

【0037】演算器23aは、上述した第1の積算手段4aおよび周波数強調処理手段5を内包するものである。この演算器23aにおいては次のような処理が行われる。まず、上述したように変換手段3aにより変換された帯域制限画像信号は積算される。そしてこの積算信号が求められると、周波数強調処理手段5において原画像信号Sorgの値に応じた強調度 β が乗じられる。

10 【0038】一方、演算器23bは、上述した第2の積算手段4b、減算手段6およびダイナミックレンジ圧縮処理手段7を内包するものである。この演算器23bにおいては次のような処理が行われる。まず、上述したように変換手段3aにより変換された帯域制限画像信号は積算される。そして求められた積算信号は原画像信号Sorgから減じられる。さらにその減算により作成された差分信号が所定の関数により変換され、ダイナミックレンジ圧縮係数が得られる。

20 【0039】演算器23aおよび23bにより求められた信号は、それぞれ加算手段8により原画像信号Sorgに加算され処理済画像信号Sprocが得られる。

【0040】以上の処理は、下記の式(4)

※に使用する信号とダイナミックレンジ圧縮処理に使用する信号をそれぞれ原画像信号Sorgに基づいて作成して最後に加算を行うものであるが、本発明は、原画像信号Sorgに対して周波数強調処理あるいはダイナミックレンジ圧縮処理のいずれか一方の処理を先に行い、その結果得られた信号に対して他の一方の処理を行うようにする場合も含むものとする。

40 【0043】但し、一般に放射線画像の低濃度部は撮影時の撮影線量が少ない部分であるためノイズが比較的多く含まれている。これに対し、周波数強調処理では高濃度部ほど強調の度合いが高くなる濃度依存の強調処理を行っているため、原画像信号に対して直接周波数強調処理を行えばこの低濃度部は強調されず、ノイズが強調されることがない。

【0044】一方、例えば原画像信号に対しダイナミックレンジ圧縮処理を施してから周波数強調処理を行うと、低濃度部はダイナミックレンジ圧縮処理により濃度が高められることになる。つまり、強調処理においてそ

1 3

の部分強調されることとなり、同時にその部分に含まれるノイズが強調されてしまうことになる。

【0045】したがって、望ましくは上記実施の形態のように原画像信号 Sorg に基づいて各信号を作成するのがよい。また処理時間の短縮という意味でも、2つの処理は並列に行うことが望ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による画像処理装置の概念を表す図

【図2】ボケ画像信号作成手段の詳細を表す図

【図3】ボケ画像信号作成手段において用いられるフィルタ（1次元）を表す図

【図4】フィルタリング処理の詳細を表す図

【図5】フィルタリング処理画像信号の周波数特性を表す図

【図6】フィルタリング処理手段において用いられるフィルタ（2次元）を表す図

【図7】フィルタリング処理画像信号 B₁ の補間演算に用いられるフィルタを表す図

【図8】補間演算の詳細を表す図

【図9】フィルタリング処理画像信号 B₂ の補間演算に用いられるフィルタを表す図

【図10】補間演算の詳細を表す図

【図11】ボケ画像信号の周波数特性を表す図

1 4

【図12】本発明の画像処理装置の一実施の形態における全体構成を示す図

【図13】帯域制限画像信号の周波数特性を表す図

【図14】第1の変換手段における帯域制限画像信号の変換処理の一例を表す図

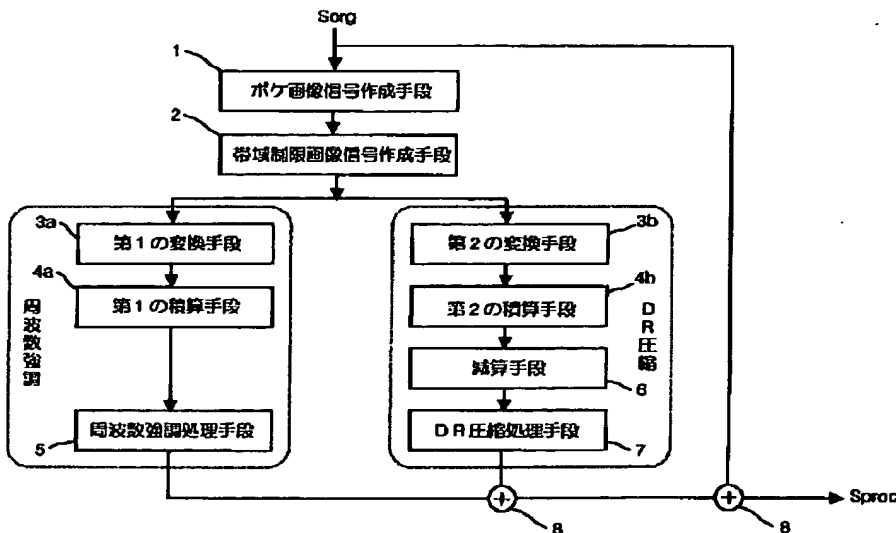
【図15】第1の変換手段における帯域制限画像信号の変換処理の他の例を表す図

【図16】第2の変換手段における帯域制限画像信号の変換処理の一例を表す図

【符号の説明】

- 1 ボケ画像信号作成手段
- 2 帯域制限画像信号作成手段
- 3 変換手段
- 4 積算手段
- 5 周波数強調処理手段
- 6 減算手段
- 7 ダイナミックレンジ圧縮処理手段
- 8 加算手段
- 10 フィルタリング処理手段
- 11 補間処理手段
- 21 減算器
- 22 変換器
- 23 演算器

【図1】



【図3】

| | | | | |
|------|------|-----|------|------|
| 0.05 | 0.25 | 0.4 | 0.25 | 0.05 |
|------|------|-----|------|------|

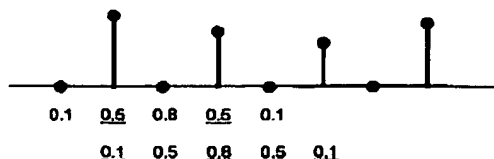
【図6】

| | | | | |
|--------|--------|------|--------|--------|
| 0.0025 | 0.0125 | 0.02 | 0.0125 | 0.0025 |
| 0.0125 | 0.0625 | 0.1 | 0.0625 | 0.0125 |
| 0.02 | 0.1 | 0.16 | 0.1 | 0.02 |
| 0.0125 | 0.0625 | 0.1 | 0.0625 | 0.0125 |
| 0.0025 | 0.0125 | 0.02 | 0.0125 | 0.0025 |

【図7】

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0.1 | 0.5 | 0.8 | 0.5 | 0.1 |
|-----|-----|-----|-----|-----|

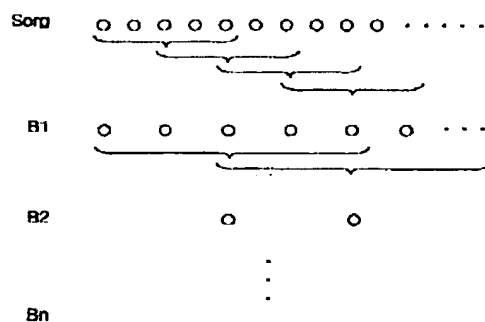
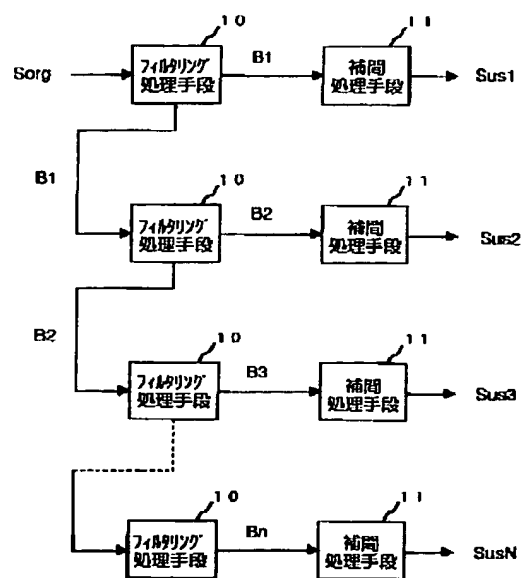
【図8】



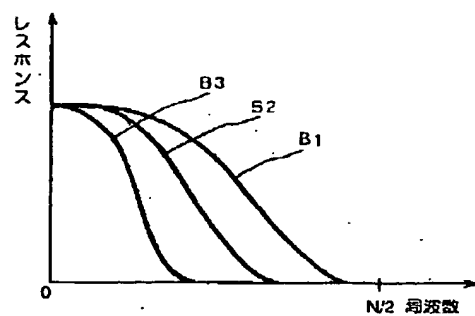
【図9】

| | | | | | | | | | | |
|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|
| 0.05 | 0.13 | 0.3 | 0.5 | 0.65 | 0.74 | 0.65 | 0.5 | 0.3 | 0.13 | 0.05 |
|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|

【図4】



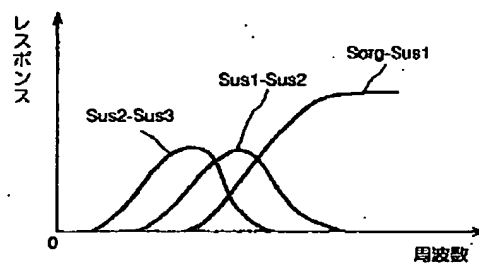
【例5】



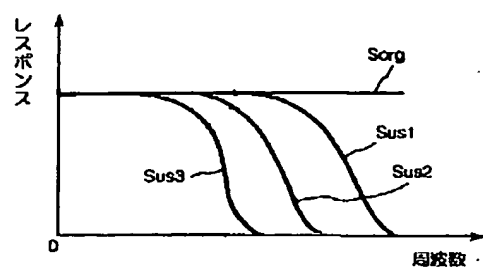
【図10】



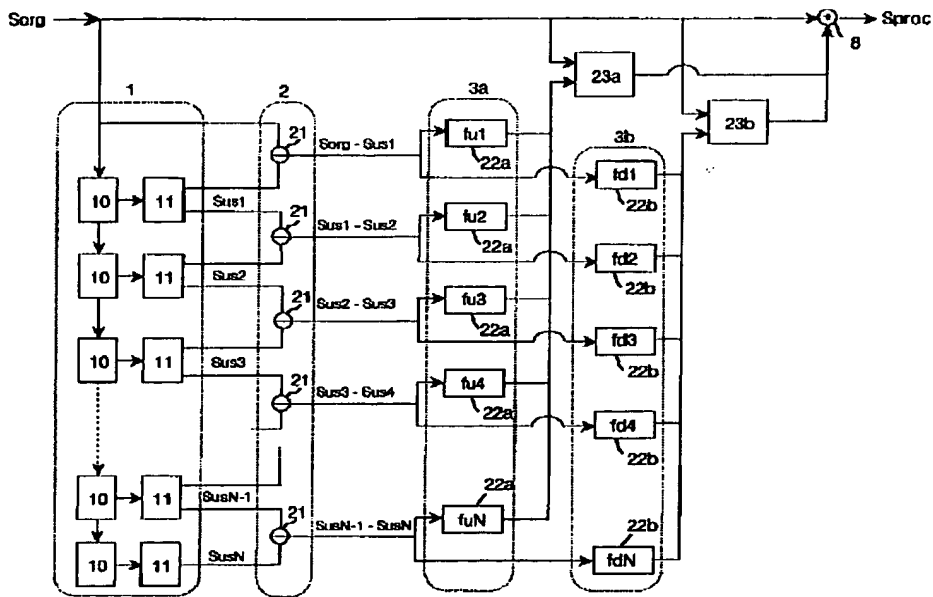
【图 13】



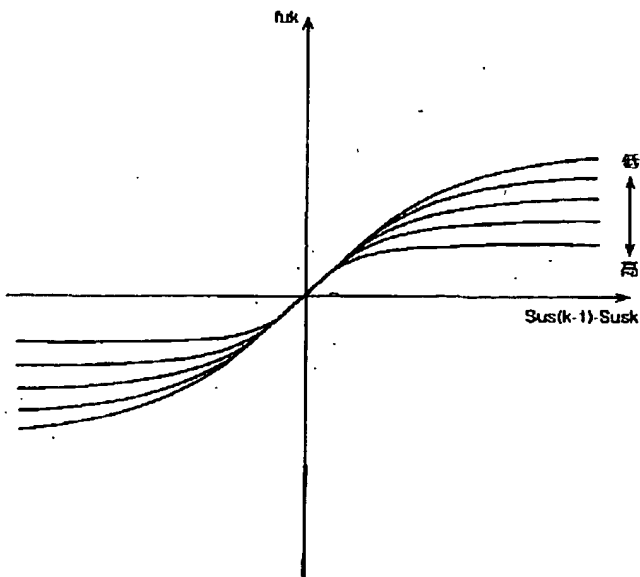
【图 11】



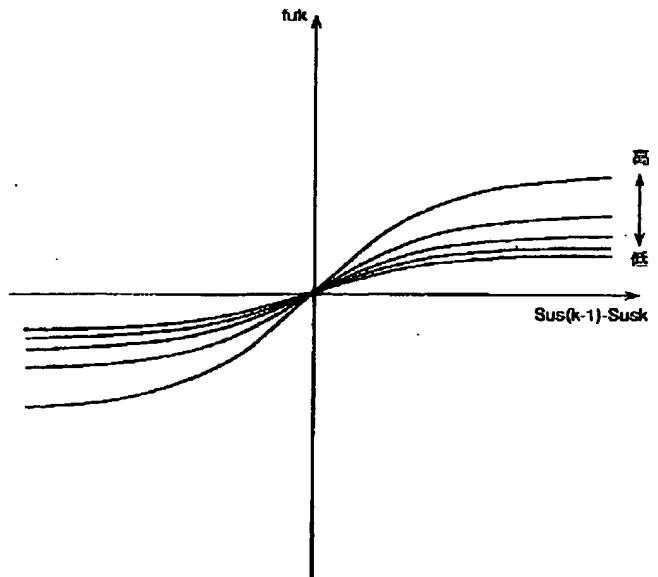
【図12】



【図14】



【図15】



【図16】

